Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 23, No. 1, Spring 2025, p. 65-76

The Effect of Seaweed Extract Foliar Application on the Growth and Yield of Different Genotypes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

H. Najafi[1], A. Mohamadi[1], M. Bagheri[2*]

1- Department of Genetics and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran
2- Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: m-bagheri@areeo.ac.ir)

Received: 21 April 2024 Revised: 24 September 2024 Accepted: 05 October 2024 Available Online: 01 March 2025	**How to cite this article:** Najafi, H., Mohamadi, A., & Bagheri, M. (2025). The Effect of Seaweed Extract Foliar Application on the Growth and Yield of Different Genotypes of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Iranian Journal of Field Crops Research, 23*(1), 65-76. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87730.1320

Introduction

In recent years, population growth on the one hand and climate change on the other, have increased the need for higher agricultural production. With the expansion of cultivated areas and increasing use of chemical fertilizers, the health of the environment and humans has been jeopardized. Consequently, recent studies have begun on the type of fertilizers used, the best fertilizer composition, and how to use them. Various studies have shown that organic fertilizer can ensure the sustainability of agricultural systems' production, sometimes as a replacement and most often as a supplement to chemical fertilizers. In conditions where climate change and the salinization of agricultural lands have had noticeable effects on the production of various crops, the need for resilient plants becomes more apparent. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a crop that is resistant to environmental stresses and is nutritionally very rich, to the extent that its amino acid composition is compared to that of mother's milk. The current research aims to investigate the effects of foliar application with seaweed extract on the growth and performance of different quinoa genotypes.

Materials and Methods

This research was conducted in the summer and autumn of 2020 at the educational and research farm of the Faculty of Agriculture and Natural Resources of the Islamic Azad University, Karaj unit. The study was carried out as a split-plot experiment (5×3), based on a randomized complete block design with three replications. The main factor in this research was the fertilizer factor, which included 3 treatments: control: (without foliar application with seaweed extract), foliar application with seaweed extract at a concentration of 10 percent, and foliar application with seaweed extract at a concentration of 20 percent, placed in the main plot. The other factor was the genotype of the quinoa plant, which included 5 genotypes: Giza1, Titicaca, Rosada, Kancolla, and Q12, placed in the subplot. At different stages of plant growth, traits such as seed saponin content, thousand seed weight, seed yield, days to physiological maturity, days to flowering, dry plant weight, fresh plant weight, stem diameter, inflorescence length, and plant height were measured.

Results and Discussion

The foliar application of seaweed extract had a significant effect on various traits, with a **1% significance

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87730.1320

level** for days to flowering, days to physiological maturity, inflorescence length, thousand seed weight, and seed saponin content, and a **5% significance level** for plant height. The simple effect of genotype was significant at the 1% level for all traits except for thousand seed weight. The interaction effect of foliar application × genotype was significant at the 5% level for days to flowering. The application of seaweed extract reduced the number of days to flowering by **3.8 days**, days to maturity by **4.8 days**, plant height by **5%**, and inflorescence length by **10%**. However, it had no significant effect on seed yield, as well as the fresh and dry weight of aerial parts. The highest seed yield was related to genotype Q12 (2477 $kg.ha^{-1}$) and the highest thousand seed weight was related to the Giza 1 variety (2.47 g). Plant height showed a significant negative correlation with seed yield and thousand seed weight.

Conclusion

The use of seaweed fertilizer in the nutrition of different quinoa genotypes showed varying effects. However, the impact of this fertilizer in reducing the growth period of quinoa, which is one of the most important issues facing quinoa cultivation in our country, is very significant. The differences between the genotypes studied in this research were quite evident, but it seems that special attention should be paid to the purpose of quinoa cultivation when selecting the superior genotype. If the goal of quinoa cultivation is forage production, the Rosada genotype is recommended, otherwise, the Q12 genotype is advised.

Keywords: Correlation, Organic fertilizer, Seed yield, Quinoa cultivars

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۲۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص ۷۶-۶۵

اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)

هدیه نجفی[1]، عبدالله محمدی[1]، محمود باقری[2*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود عصاره جلبک دریایی بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی اثر عصاره جلبک دریایی در سه سطح شاهد (بدون عصاره جلبک دریایی)، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی ۱۰ درصد و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی ۲۰ درصد بود. عامل فرعی نیز نوع ژنوتیپ کینوا شامل پنج ژنوتیپ جیزا ۱، تیتیکاکا، رزادا، کانکولا و Q12 بود. اثر استفاده از عصاره جلبک دریایی بر صفات روز تا گل‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول گل‌آذین، وزن هزاردانه و محتوای ساپونین دانه در سطح یک درصد و بر صفت ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. اثر ساده ژنوتیپ بر تمامی صفات به غیر از صفت وزن هزاردانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل کود × ژنوتیپ، بر صفت روز تا گل‌دهی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. استفاده از عصاره جلبک دریایی موجب کاهش تعداد روز تا گل‌دهی (۳/۸ روز)، روز تا رسیدگی (۴/۸ روز)، ارتفاع بوته (پنج درصد) و طول گل‌آذین (۱۰ درصد) شد؛ بااین‌حال بر میزان عملکرد دانه، وزن تر و خشک اندام هوایی اثری نداشت. بالاترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ Q12 (۲۴۷۷ کیلوگرم در هکتار) و بالاترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ جیزا ۱ (۲/۴۷ گرم) بود. ارتفاع بوته همبستگی منفی معنی‌داری با عملکرد دانه و وزن هزاردانه نشان داد. با توجه به نتایج این پژوهش، استفاده از عصاره جلبک دریایی جهت کاهش طول دوره رشد قابل‌توصیه است.

واژه‌های کلیدی: ارقام کینوا، عملکرد دانه، کود آلی، همبستگی

مقدمه

در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت و نیاز به غذای بیش‌تر، فشار مضاعفی بر محیط زیست به‌خصوص منابع آب و بوم‌نظام‌های زراعی وارد کرده است. از سویی، تغییرات محیطی در برخی مناطق به سطح بحرانی رسیده و تهدیدی جدی بر عملکرد کمّی و کیفی محصولات کشاورزی شده است. در بین این محصولات می‌توان به برنج (*Oryza sativa* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberisum* L.) اشاره کرد که ۵۰ درصد از غذای بشر را تأمین می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود که این گیاهان در شرایط اقلیمی جدید، عملکرد پایین‌تری خواهند داشت. همین عامل موجب شده است تا توجه بیشتری به گیاهان مقاوم و پرخاصیت معطوف گردد (Salehi & Dehghani. 2018). در این بین، یکی از گیاهان بسیار مقاوم به شرایط نامطلوب محیطی که در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده پایداری بالایی از خود نشان می‌دهد، کینوا می‌باشد (Ramezanpour, Soltanloo, Seyfi, & Salehi, 2015). کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd. از خانواده تاج‌خروس، یک گیاه سه‌کربنه با حدود ۹۳ درصد خودگشنی است که از کوه‌های آند کرانه غربی آمریکای لاتین (جنوبی) منشأ گرفته است (Jacobsen *et al.*, 2005). کینوا گیاهی یک‌ساله و دولپه‌ای است، بنابراین به‌عنوان یک شبه‌غله شناخته می‌شود و در این منطقه به مادر دانه‌ها معروف است (Lilian, 2009). کینوا به‌عنوان ابر غذا شناخته می‌شود و از معدود گیاهانی است که می‌تواند تمامی آمینواسیدهای مورد نیاز برای سلامتی بدن انسان را فراهم آورد، به‌نحوی‌که ارزش غذایی بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن با شیر خشک توسط سازمان خواروبار کشاورزی ملل متحد شده است. با وجود ارزش تغذیه‌ای بسیار بالا، گزارش شده است که این گیاه مقاومت زیادی نیز

۱- گروه ژنتیک و به‌نژادی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: m-bagheri@areeo.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.87730.1320

در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیر زنده مانند سرما، شوری و خشکی دارد و در نتیجه، جایگزینی مطلوب برای گیاهانی مانند برنج است (Telahigue, Yahia, Aljane, Belhouchett, & Toumi, 2017).

همانند بسیاری از کشورها، در کشور ایران نیز باور عموم بر آن است که مصرف کودها باعث افزایش حاصلخیزی خاک شده و می‌تواند عملکرد در واحد سطح را افزایش دهد. کشاورزان عموماً کود را به‌عنوان یک عامل مؤثر در بهبود فعالیت‌های کشاورزی می‌شناسند و آن را باعث افزایش عملکرد محصول، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش درآمد می‌دانند. ولی علی‌رغم اینکه کود یکی از اجزای ضروری در مزارع مدرن است، در صورت استفاده نامناسب از آن، مشکلاتی نیز ایجاد خواهد کرد. در سال‌های اخیر، افزایش بی‌رویه مصرف کودها و مواد شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی، سلامت خاک، آب، هوا و همچنین محصولات تولیدی را به خطر انداخته و نگرانی‌های روزافزونی را برای محیط زیست جهانی و سلامت بشر به وجود آورده است. ازاین‌رو در سال‌های اخیر، مطالعاتی در خصوص نوع کود مصرفی، بهترین ترکیب کودی و نحوه استفاده از آن برای ارقام مختلف زراعی با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است (Aminian, Mafakheri, & Tahtani, 2018). از جمله این تکنیک‌ها، استفاده از کودهای آلی است. کودهای آلی در مقایسه با مواد شیمیایی مزیت‌های قابل توجهی دارند، از آن جمله اینکه باعث اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند (Moalem & Eshqizade, 2007).

استفاده از جلبک‌ها به‌عنوان کود به قرن ۱۹ برمی‌گردد که برای اولین بار توسط ساحل‌نشینان مورد استفاده قرار گرفت. کودهای جلبکی به‌دلیل میزان فیبر بالا از یک طرف نقش مهمی در نرم کردن بافت خاک، حفظ رطوبت و بهبود ساختمان خاک داشته و از طرف دیگر، با داشتن مواد معدنی و عناصر غذایی فراوان، رشد گیاه، مقاومت به آفات و بیماری‌ها و میزان عملکرد گیاه را افزایش می‌دهند (Ahmed & Shalaby, 2012). امروزه، انواعی از گونه‌های خزه و جلبک دریایی، علاوه‌بر اینکه به‌عنوان یک منبع غذایی طبیعی برای انسان‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند، به‌علت دارا بودن شماری از ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاهی، به‌طور وسیعی در تولید محصولات کشاورزی نیز استفاده می‌شوند (Spann & Little, 2011). از جمله سودمندی‌های استفاده از کود جلبک در کشاورزی می‌توان به رشد و گسترش بیشتر ریشه‌ها، جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذرها، به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها و افزایش عمر پس از برداشت محصولات، افزایش توان و مقاومت گیاهان در مقابل تنش‌های زنده و غیر زنده و افزایش کمیت و کیفیت میوه‌ها اشاره کرد (Norrie & Keathley, 2006). با توجه به مطالب ذکرشده، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات محلول‌پاشی با عصاره جلبک بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۹در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شد. موقعیت جغرافیایی منطقه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و ارتفاع منطقه مورد مطالعه
Table 1- Geographical location and altitude of the study area

محل اجرای طرح Place of execution of the project	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا Height above mean sea level (m)
مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج Educational and research farm of Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Karaj branch	35°49'09.5"N	50°52'51.4"E	1320

پژوهش به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات (۵ × ۳)، بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی در این تحقیق، عامل کود بود که در سه تیمار شامل شاهد (بدون محلول‌پاش)، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۱۰ درصد و محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی با غلظت ۲۰ درصد، در کرت اصلی قرار گرفت. در این پژوهش از عصاره جلبک دریایی برند شوک، محصول کارخانه‌جات Pan American استفاده شد. عامل دیگر، ژنوتیپ گیاه کینوا شامل پنج ژنوتیپ Giza1، Titicaca، Rosada، Kancolla و Q12 بود که در کرت فرعی قرار گرفت. بذر مورد نیاز برای کشت گیاه کینوا (پنج ژنوتیپ مختلف کینوا) از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. آماده‌سازی زمین و کشت بذور در نیمه اول تیرماه انجام شد. تهیه بستر کاشت شامل شخم، دیسک و ایجاد جوی و پشته بود. کشت به‌صورت ردیفی (جوی و پشته) انجام شد، بدین صورت که وسط پشته با فوکا شیار داده، بذور

به‌صورت دستی کشت شدند و بر روی بذور مخلوطی از ماسه بادی، کود دامی الک‌شده و خاک نرم ریخته شد. عمق کاشت حدود یک تا دو سانتی‌متر در نظر گرفته شد، فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر، فاصله بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط هشت سانتی‌متر بود. کود اوره به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله کاشت، مرحله پنج برگ متناوب (ارتفاع بوته ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر) و شروع گل‌دهی (Bagheri, 2018) و کود مونوفسفات پتاسیم به‌میزان پنج کیلوگرم در هکتار به‌صورت تزریق با سیستم آبیاری، یک ماه پس از کشت مورد استفاده قرار گرفت. اولین آبیاری درست پس از کشت بذور انجام شد. آبیاری دوم به فاصله سه روز پس از کشت و آبیاری‌های بعدی به‌طور متوسط هفته‌ای یک‌بار انجام شد. از علف کش سوپرگالانت جهت مبارزه با علف‌های هرز باریک‌برگ در مرحله بحرانی علف‌های هرز، یعنی ۴۰ روز پس از کاشت استفاده شد و مهار علف‌های هرز پهن‌برگ نیز با وجین دستی صورت گرفت. محلول‌پاشی کود جلبک دریایی در مرحله رشد سریع (۴۲ روز پس از کاشت) انجام شد.

صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی از زمان کاشت تا زرد شدن بوته‌ها و سفت شدن دانه و رسیدن به رطوبت حدود ۱۴ درصد (زمان برداشت) محاسبه شد. ارتفاع بوته (ارتفاع ساقه) از محل اولین گره تا نوک بوته با استفاده از خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. قطر ساقه در مرحله‌ای که گیاه آماده برداشت دانه بود، حدود پنج سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک با استفاده از کولیس بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، نمونه‌ها با استفاده از آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس توسط ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در تک بوته از میانگین عملکرد دانه پنج بوته کینوا در هر تکرار بر حسب گرم که با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند.

جهت اندازه‌گیری میزان ساپونین تمامی نمونه‌های بذر با استفاده از پروتکل توصیف‌شده توسط کوزیول (Koziol, 1991) آزمایش شدند. بدین صورت که ۰/۵ گرم بذر خشک‌شده کینوا به لوله آزمون به‌طول ۱۶۰ میلی‌متر و قطر ۱۶ میلی‌متر توزین شده و پنج میلی‌لیتر آب به آن اضافه شد. لوله‌ها به‌مدت ۳۰ ثانیه به‌شدت تکان داده شدند (چهار ضربه در ثانیه). کف حاصل به‌مدت ۱۰ ثانیه اجازه یافت تا حل شود، سپس یک لرزش نهایی به آن داده و ارتفاع کف از بالای آب اندازه‌گیری شد. در نهایت، میزان ساپونین به‌ازای هر گرم وزن دانه تازه با استفاده از رابطه (۱) برآورد شد (Koziol, 1991).

(۱)

Saponin (mg)/Fresh weight= (0.423) × foam height (cm) + 0.008/Sample weight (g)

پس از اندازه‌گیری صفات و جمع‌آوری داده‌های مورد نظر، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ و مقایسات میانگین به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتیجه تجزیه واریانس داده‌های پژوهش حاضر (جدول ۲)، اثر ساده محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در سطح پنج درصد و اثر ژنوتیپ در سطح یک درصد بر تغییرات ارتفاع بوته معنی‌دار بود. همچنین مشخص شد که طول گل‌آذین نیز در سطح یک درصد تحت تأثیر ژنوتیپ و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی قرار گرفت، امّا اثر متقابل محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر این دو صفت نداشت. استفاده از عصاره جلبک دریایی در مجموع باعث کاهش ارتفاع بوته‌ها و طول گل‌آذین کینوا شده است. افزایش غلظت عصاره جلبک دریایی باعث کاهش بیشتر ارتفاع بوته شد، امّا اثر معنی‌داری بر تغییرات طول گل‌آذین نداشت. بیشترین ارتفاع بوته و طول گل‌آذین در ژنوتیپ‌های رزادا و کانکولا اندازه‌گیری شد که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). اگر ارتفاع بالای بوته همراه با عملکرد دانه مناسب نباشد، صفت مطلوبی نخواهد بود، تراکم بوته در واحد سطح برگ بر میزان جذب نور توسط پوشش گیاهی اثر گذاشته و درصورتی‌که پوشش مزرعه بتواند حداکثر نور ورودی را جذب کند، عملکرد افزایش خواهد یافت (Sarjamei, Khorasani, & Nezhad, 2014)؛ در غیر این صورت حجم و وزن بالای گل‌آذین و ساقه نسبتاً ضعیف کینوا، احتمال ورس را افزایش می‌دهد، در این صورت اگر هدف تولید علوفه باشد، ارتفاع بیشتر بوته مطلوب خواهد بود (Bagheri, Anafjeh, Keshavarz, & Foladi, 2021). در مطالعه‌ای که در ترکیه روی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا انجام شد، ارتفاع بوته بین ۳۵ تا ۹۳ سانتی‌متر به دست آمد، و ژنوتیپ Q11 بیشترین ارتفاع بوته را داشت (Naneli, & Dokuyucu, 2017). به‌طور کلی، در مطالعات مختلف نتایج متفاوتی از نظر ارتفاع بوته در ارقام مختلف دیده می‌شود که این امر می‌تواند تحت تأثیر مکان و شرایط محیطی باشد (Hirich, Choukr-Allah, & Jacobsen, 2014).

در پژوهش حاضر مشاهده شد که صفت قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر ژنوتیپ قرار گرفت، امّا عامل محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و اثر متقابل آن با ژنوتیپ تأثیری بر تغییرات قطر ساقه نداشتند (جدول ۲). ژنوتیپ Q12 با ۱۸/۸۴ میلی‌متر و ژنوتیپ رزادا با ۱۱/۶۱ میلی‌متر به‌ترتیب بیشترین و کمترین قطر ساقه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). همان‌طور که مشخص است و جدول همبستگی ساده نیز مؤید آن است، ارتفاع

بوته و قطر بوته، همبستگی منفی معنی‌دار (r = -۰/۶۵**) داشته و تیمارهای با ارتفاع کمتر، قطورتر هستند (جدول ۴). این موضوع در خصوص مقاومت به ورس حائز اهمیت بوده و در مناطق مرطوب و بادخیز و همچنین در فصولی که نزولات آسمانی بالاتری را شاهد هستیم، می‌تواند در انتخاب نوع ژنوتیپ نقش بسزایی داشته باشد. در برخی مطالعات گذشته روی ژنوتیپ‌های دیگر کینوا، نتایجی همسو با نتایج تحقیق حاضر به دست آمد (Mansouri, Omidi, & Bostani, 2022; Bagheri *et al*., 2021). البته نتایج برخی تحقیقات نیز خلاف این موضوع را نشان داده بود و گزارش شده که ژنوتیپ‌های مختلف کینوا از نظر صفت قطر ساقه تفاوت معنی داری نشان نداده بودند (Miri, 2017; Molaei, 2016). اختلافات ژنتیکی و عوامل محیطی می‌توانند دلیل اصلی همسو نبودن نتایج تحقیقات مختلف باشند.

باقری و همکاران (Bagheri *et al*., 2021) نیز همسو با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر، گزارش کردند که ارقام مختلف مورد مطالعه از نظر قطر ساقه، دارای اختلاف معنی‌دار بودند، به‌طوری‌که ژنوتیپ Marangani با میانگین قطر ساقه ۱۴/۳۶ میلی‌متر، بالاترین قطر ساقه را به خود اختصاص داد و ژنوتیپ‌های EQ104، EQ106، و Atlas با متوسط قطر ساقه ۱۰/۷۷ میلی‌متر حائز حداقل قطر ساقه بودند. به‌طور کلی، بوته کینوا در فصول پرباران و همچنین مصارف بالای کود ازته به ورس حساسیت دارد، لذا ژنوتیپ‌های با قطر ساقه بیشتر، در مقایسه با ارقام با ارتفاع بلند مقاومت بیشتری به ورس خواهند داشت.

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های به‌دست‌آمده، اثر ژنوتیپ بر تغییرات وزن تر و خشک بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین مشخص شد که اثر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر وزن خشک بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، امّا اثر متقابل محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و ژنوتیپ تأثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک بوته نداشت (جدول ۲). ژنوتیپ رزادا به‌عنوان ژنوتیپ دیررس و پابلند بیشترین وزن تر (۱۷۲۸۴ کیلوگرم در هکتار) و خشک (۳۸۶۸ کیلوگرم در هکتار) بوته را به خود اختصاص داده است. کمترین وزن تر (۸۸۲۶ کیلوگرم در هکتار) و خشک (۱۶۶۸ کیلوگرم در هکتار) بوته نیز مربوط به ژنوتیپ زودرس و پاکوتاه تیتیکاکا بود (جدول ۳). ذکر این نکته بسیار ضروری است که این اعداد مربوط به کشت کینوا با هدف مصرف دانه و تراکم پایین کشت است. کشت با هدف مصرف علوفه، تراکم به مراتب بالاتری داشته و به‌ترتیب وزن تر و خشک بیش از ۵۰ و ۱۰ تن در هکتار نیز قابل انتظار می‌باشد. در بیشتر مطالعات قبلی روی ژنوتیپ‌های دیگر کینوا برخلاف نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر، صفت وزن ساقه و برگ تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف نشان نداده بودند که دلیل آن می‌تواند ناشی از این باشد که وزن ساقه و برگ بیش از آنکه تحت تأثیر ژنوتیپ باشد، تحت تأثیر مکان و شرایط محیطی قرار داشت (Hirich *et al*., 2014) به‌طور کلی، سرمایه‌گذاری مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ و ساقه، باعث افزایش زیست‌توده گیاهی می‌شود و به دنبال آن، شاخص سطح برگ و در نتیجه پوشش‌دهی بهتر سطح مزرعه، کارآیی استفاده از نور افزایش می‌یابد، که خود می‌تواند منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاهان گردد (Karami, 2021).

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این پژوهش نشان داد که اثر ساده محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و ژنوتیپ در سطح یک درصد بر تعداد روز تا گل‌دهی اثر معنی‌داری داشته است. همچنین مشخص شده که اثر متقابل محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده (جدول ۳) نشان می‌دهد که استفاده از کود جلبک دریایی در غلظت‌های مختلف موجب کاهش تعداد روز تا گل‌دهی شد. همچنین مشخص شد که ژنوتیپ تیتیکاکا در کمترین زمان و ژنوتیپ رزادا در بیشترین زمان نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها وارد فاز گل‌دهی شدند. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و ژنوتیپ (شکل ۱) نشان داد که ژنوتیپ‌های تیتیکاکا، جیزا ۱ و Q12 نسبت به استفاده از کود جلبک واکنش معنی‌داری داشتند و تحت تأثیر آن، تعداد روز تا گل‌دهی را کاهش دادند. افزایش غلظت کود جلبک در ژنوتیپ‌های تیتیکاکا و جیزا ۱، تفاوت معنی‌داری در تعداد روز تا گل‌دهی ایجاد نکرد، امّا در ژنوتیپ Q12، کاهش ایجادشده در تعداد روز تا گل‌دهی (۵/۳ روز) معنی‌دار بود. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش با نتایج تحقیقات قبلی همسو می‌باشد (Mansouri, Omidi, & Bostani, 2023; Etaati, Ardakani, Bagheri, Paknejad, & Golzardi, 2023; Bagheri, Miri, Khoshkam, Anafjeh, & Keshavarz, 2022; Nadali, Asghari, Abbasdokht, Dorostkar, & Bagheri, 2022; Bagheri *et al*., 2021). عصاره جلبک دریایی به‌دلیل داشتن هورمون‌های رشد مانند اکسین‌ها و سیتوکینین، عناصر ریزمغذی، ویتامین‌ها و آمینواسیدها سبب افزایش رشد گیاه و تحریک رشد ریشه می‌گردد (Taghadosi, Hasani, & Sinki., 2012). وجود هورمون‌های گیاهی، به‌خصوص سیتوکینین، در عصاره جلبک دریایی موجب افزایش سنتز کلروفیل می‌گردد. همچنین گزارش شده که وجود بتائین در عصاره جلبک دریایی مانع تخریب ساختار کلروفیل می‌گردد (Shahbazi, Seyyed Nejad, Salimi, & Gilani, 2015). احتمالاً وجود عناصر منیزیم و آهن در کود جلبک دریایی نیز تأثیری مثبت بر سنتز کلروفیل دارد (Pise & Sabale, 2010). مجموع این اتفاقات موجب افزایش سرعت و میزان رشدونمو گیاه شده و در نتیجه موجب کاهش طول دوره رشد و زمان تا آغاز گل‌دهی می‌گردد.

جدول ۲- جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف کینوا تحت تأثیر رژیم‌های مختلف کودی

Table 3- Analysis of variance of the studied traits of different quinoa genotypes under the influence of different fertilizer regimes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول گل‌آذین Inflorescence length	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	روز تا گل‌دهی Days to flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days until physiological maturity	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه Weight of a thousand grains	محتوای ساپونین بذر Saponin content
بلوک Block	2	2.95ns	15.04ns	1.86ns	40861015.0ns	2572245.27*	233.86**	767.75**	27012.95ns	1.826**	2.484**
محلول‌پاشی (F) Foliar application	2	102.48*	67.54**	0.18ns	2075125.7ns	241824.6ns	62.60**	88.82**	3490.82ns	0.097**	2.114**
خطای عامل اصلی Main error	4	11.45	3.84	3.49	9477573.7	97.280494	6.26	23.38	25780.28	0.002	0.017
ژنوتیپ (G) Genotype	4	1482.97**	3897.56**	72.63**	89685663.5**	6394511.67**	673.85**	1816.18**	1805384.70**	0.099**	6.198**
اثر متقابل F × G	8	33.87ns	5.4ns	3.24ns	1926023.5ns	129997.1ns	24.07*	11.67ns	70978.76ns	0.005ns	0.188ns
خطای عامل فرعی Random error	16	21.63	7.44	3.09	3074026.5	17.108865	6.32	11.68	34229.19	0.008	0.143
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		4.60	7.65	11.22	14.00	14.13	4.06	3.03	10.32	4.03	7.10

ns، * و **: به‌ترتیب به معنی غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی ژنوتیپ و رژیم کودی بر صفات رشد و عملکرد کینوا

Table 3- Comparison between the main effects of genotype and fertilizer regime on the growth traits and yield of quinoa

	تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول گل‌آذین Inflorescence length (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	وزن تر بوته Plant fresh weight (kg ha^{-1})	وزن خشک بوته Plant dry weight (kg ha^{-1})	روز تا گل‌دهی Days to flowering (day)	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days until physiological maturity(day)	عملکرد دانه Seed yield (kg ha^{-1})	وزن هزار دانه Weight of a thousand grains (g)	محتوای ساپونین بذر Saponin content (mg g^{-1})
محلول‌پاشی Foliar application	شاهد Control	103.80a*	38.06a	15.60a	12257a	2405a	64.13b	115.06b	1774.0a	2.24b	5.62a
	عصاره جلبک دریایی ۱۰ درصد Seaweed extract 10%	100.73ab	34.54b	15.60a	12363a	2476a	60.93a	112.66ab	1803.6a	2.36a	5.46a
	عصاره جلبک دریایی ۲۰ درصد Seaweed extract 20%	98.60b	34.24b	15.79a	12948a	2651a	60.33a	110.20a	1795.4a	2.39a	4.90b
ژنوتیپ Genotype	تیتیکاکا Titicaca	85.33c	20.55b	17.53ab	8826d	1668d	51.22a	95.88a	1715.1b	2.35b	5.45a
	جیزا ۱ Giza 1	97.55b	20.44b	15.11b	13557b	2698b	54.33b	100.44a	1740.3b	2.47a	5.71a
	رزادا Rosada	113.33a	58.21a	11.61d	17284a	3868a	71.44e	129.44d	1222.2c	2.20c	3.87b
	کانکولا Kankula	115.11a	58.61a	14.23c	11117c	2212c	67.33d	122.00c	188.4b	2.26bc	5.67a
	Q12	93.88b	20.25b	18.84a	11826bc	2106c	64.66c	115.44d	2477.0a	2.35b	5.93a

* در هر ستون، اعداد دارای یک حرف مشترک براساس آزمون چند دامنه‌ایی دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

* In each column, numbers with a common letter are not significantly different based on Duncan's multiple range test at the five percent probability level.

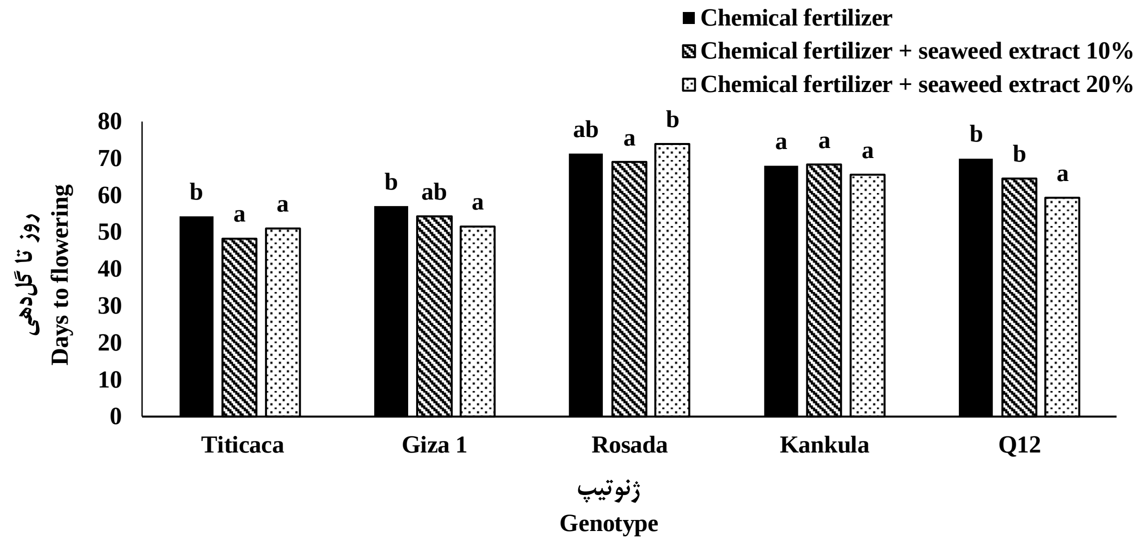
جدول ۴- نتایج همبستگی ساده بین صفات ژنوتیپ‌های مختلف کینوا تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی

Table 4- The results of simple correlation between the traits of different quinoa genotypes under the influence of Seaweed Extract foliar application

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
۱- روز تا گل‌دهی 1- Days to flowering	1								
۲- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک 2- days until physiological maturity	0.92**	1							
۳- ارتفاع بوته 3- Plant height	0.67**	0.65**	1						
۴- طول گل‌آذین 4- Inflorescence length	0.59**	0.56**	0.83**	1					
۵- قطر ساقه 5- Stem diameter	-0.49**	-0.53**	-0.65**	-0.65**	1				
۶- وزن تر بوته 6- Plant fresh weight	0.27ns	0.29*	0.49**	0.32*	-0.35*	1			
۷- وزن خشک بوته 7- Plant dry weight	0.23ns	0.26ns	0.52**	0.36*	-0.40**	0.95**	1		
۸- عملکرد دانه 8- Seed yield	-0.11ns	-0.15	-0.34*	-0.46**	0.62**	-0.40**	-0.50**	1	
۹- وزن هزار دانه 9- Weight of a thousand grains	-0.29ns	-0.27ns	-0.30*	-0.36*	0.25ns	0.09ns	0.10ns	0.10ns	1
۱۰- محتوای ساپونین بذر 10- Seed saponin content	-0.10ns	-0.14ns	-0.25ns	-0.32*	0.47**	-0.37*	-0.43**	0.54**	0.35*

ns، * و **: به‌ترتیب به‌معنی غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد.

ns, * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱- اثر متقابل ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر صفت روز تا گل‌دهی

Figure 1- Effects of genotype and Foliar application For days to flowering

در هر ژنوتیپ، ستون‌های دارای حرف مشترک براساس نتایج آزمون برش دهی اثر متقابل فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند

In each genotype, columns with the same letter, according to the results of the interaction effect slicing test, lack significant statistical difference

براساس نتایج ارائه‌شده در جدول ۲، اثر ساده ژنوتیپ و محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی بر صفت زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار بود، امّا اثر متقابل عامل‌های ذکرشده تأثیری بر تغییرات زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک نداشت. به‌طور کلی، استفاده از کود جلبک دریایی ۱۰ درصد تأثیر

معنی‌داری بر کاهش طول دوره رسیدگی فیزیولوزیک نداشت، امّا استفاده از جلبک دریایی ۲۰ درصد به همراه کود شیمیایی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را ۴/۲۲ درصد کاهش داد. با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ، کمترین دوره رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های تیتیکاکا (۹۵/۸۸ روز) و جیزا ۱ (۱۰۰/۴۴ روز)، و بیشترین طول دوره رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک در ژنوتیپ رزادا (۱۲۹/۴۴ روز) مشاهده شد (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، همبستگی طول دوره رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک با صفات ارتفاع بوته (**۰/۶۵ = r) و وزن تر بوته (*۰/۲۹ = r) مثبت و معنی‌دار بود که براساس این اصل، استفاده از ژنوتیپ‌های دیررس به‌عنوان علوفه توصیه می‌گردد. ژنوتیپ‌های با ارتفاع کم و زودرس برای کشت دانه‌ای مناسب‌تر بوده و به‌خصوص در کشت‌های بهاره، امکان برخورد مرحله گل‌دهی با دماهای بالا نیز کاهش می‌یابد. منصوری و همکاران (Mansouri *et al*., 2022) با مطالعه اثر روش کاشت بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا، نتایج مشابهی را گزارش کردند.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌های پژوهش حاضر، اثر ژنوتیپ بر عملکرد بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. استفاده از کود جلبک دریایی در کنار کود شیمیایی نتوانست تغییر معنی‌داری در عملکرد نهایی ژنوتیپ‌های مختلف کینوا ایجاد کند (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده ژنوتیپ (جدول ۳)، بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ Q12 (۲۴۷۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد نهایی مربوط به ژنوتیپ رزادا (۱۲۲۲/۳ کیلوگرم در هکتار) بود. میزان عملکرد سایر ژنوتیپ‌ها، بینابین این دو ژنوتیپ بوده و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند.

انتظار می‌رفت که صفت عملکرد دانه با وزن هزار دانه همبستگی مثبت معنی‌دار داشته باشند، ولی با توجه به جدول ۴ رابطه معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (r =۰/۱۰ ns). اصلی‌ترین دلیل این موضوع مربوط به سایر اجزای عملکرد از جمله طول گل‌آذین و تعداد آن، تعداد دانه در گل‌آذین می‌باشد که تنوع بالایی در ژنوتیپ‌های کینوا از این حیث وجود دارد. تفاوت عملکرد بذر و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا توسط منصوری (Mansouri, 2022) نیز گزارش شده است.

استفاده از عصاره جلبک دریایی در سطح احتمال یک درصد (جدول ۲) اثر معنی‌داری بر افزایش وزن هزاردانه داشته است (جدول ۳). ژنوتیپ‌های مختلف نیز از نقطه نظر این صفت اختلاف معنی‌داری داشتند و بیشترین (۲/۴۷ گرم) و کمترین (۲/۲ گرم) وزن هزاردانه به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های جیزا۱ و رزادا بود (جدول ۳). در مطالعات مختلف، متوسط وزن هزاردانه در کینوا حدود دو تا شش گرم و در ژنوتیپ‌های زراعی معمول در کشور، بین دو تا سه گرم ذکر شده است (Bagheri *et al*., 2021) که نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر نیز از نظر وزن هزار دانه هم‌سو با این نتایج است. در مطالعه‌ای که در مصر روی کینوا انجام شد، وزن هزاردانه ژنوتیپ‌های کینوا بین ۳/۵ تا ۴/۸ گرم به دست آمد (Abdelazim Sayed, 2018) که بالاتر از نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر است. در مطالعه دیگری، این صفت بین ارقام و سال‌های مختلف متفاوت بود، به‌طوری‌که کمترین وزن هزاردانه مربوط به ژنوتیپ Puno با ۱/۳ گرم و بیشترین وزن هزاردانه متعلق به ژنوتیپ Zeno با ۳/۳ گرم بود (Prager, Munz, Nkebiwe, Mastand, & Graeff-Honninger, 2018)؛ که می‌تواند تأییدکننده تأثیر عوامل محیطی بر صفت وزن هزاردانه در ارقام مختلف باشد.

اثر ساده عصاره جلبک دریایی و ژنوتیپ بر محتوای ساپونین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در سطح ۱۰ درصد تأثیری بر محتوای ساپونین دانه نداشت، ولی مصرف همین کود در سطح ۲۰ درصد میزان ساپونین دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۳). به‌طور معمول، بهبود شرایط محیطی، کاهش تنش‌ها و افزایش مواد غذایی در دسترس گیاه منجر به افزایش محتوای ساپونین در گیاه می‌گردد (Mansouri & Omidi, 2023)؛ امّا نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش خلاف این مطلب را نشان می‌دهد. ممکن است نوع ترکیبات موجود در عصاره جلبک دریایی موجب تغییر مسیرهای سنتز ساپونین در گیاه شده باشد. این مسئله نیازمند تحقیقات بیشتری است. محتوای ساپونین پایین از نظر تغذیه‌ای صفت بسیار مهمی به شمار رفته و تأثیر بسزایی در بازارپسندی دانه کینوا دارد. از نقطه نظر نوع ژنوتیپ نیز به غیر از ژنوتیپ رزادا که با میزان ساپونین ۳/۸۷ میلی‌گرم در گرم در گروه آماری b قرار گرفته است، بقیه ژنوتیپ‌ها بدون اختلاف معنی‌دار در گروه آماری a قرار گرفته‌اند. با توجه به محتوای ساپونین دانه، تمامی پنج ژنوتیپ مورد مطالعه در طبقه نیمه‌شیرین (نیمه‌تلخ) قرار گرفته و جهت مصرف نیاز به پوست‌گیری (ساپونین‌زدایی) دارند. این نتایج با مطالعات قبلی مطابقت دارد (Bagheri *et al*., 2021; Santis *et al*., 2016; El Hazzam *et al*., 2020). در بررسی محتوای ساپونین ژنوتیپ‌های کینوا در ایتالیا نشان داده شد که این میزان بین ۰/۱ تا ۱/۸ درصد متغیر بود و ژنوتیپ Q12 کمترین مقدار را دارا بود (Santis *et al*., 2016). در مطالعه مروری که آنجلی و همکاران (Angeli *et al*., 2020)، روی خصوصیات ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در مکان‌های متفاوت انجام دادند، میزان ساپونین را تا ۶/۱ میلی گرم در گرم وزن خشک گزارش کردند، به‌طوری‌که ژنوتیپ جسی شیرین‌ترین و ژنوتیپ Q52 تلخ‌ترین ژنوتیپ گزارش شد (Angeli *et al*., 2020).

علی‌رغم مزیت ظاهری ارقام شیرین، متأسفانه این ارقام غذای مناسبی برای پرندگان بوده و معمولاً مزارع ارقام شیرین کینوا با مشکل هجوم پرندگان و تلفات بالا مواجه هستند (Graf *et al*., 2015). مضاف به اینکه معمولاً وجود ساپونین در گیاهان، سطح

مقاومت یا تحمل به آفات و بیماری‌ها را بالاتر می‌برد و لذا وجود ساپونین علی‌رغم ایجاد تلخی دارای مزیت می‌باشد (Bagheri et al., 2021)، به‌طوری‌که ژنوتیپ جسی در مطالعه پراگر و همکاران (Prager et al., 2018)، به‌دلیل شیرین بودن مقاومت کمی در برابر هجوم حشرات و آفات داشت (Prager et al., 2018).

نتیجه‌گیری

استفاده از کود جلبک دریایی در تغذیه ژنوتیپ‌های مختلف کینوا اثرات متفاوتی را نشان داد، امّا به‌طور ویژه اثر استفاده از این کود در کاهش طول دوره رشد کینوا که یکی از مهم‌ترین مسائل پیش روی زراعت کینوا در کشور ایران می‌باشد، بسیار قابل توجه می‌باشد. تفاوت‌های ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش کاملاً مشهود بود، امّا به نظر می‌رسد که در انتخاب ژنوتیپ برتر این مطالعه باید توجه خاصی به هدف کشت کینوا داشت. درصورتی‌که هدف از کشت کینوا تولید علوفه باشد، ژنوتیپ رزادا و در غیر این صورت ژنوتیپ Q12 توصیه می‌گردد.

References

1. Abdelazim Sayed, A. A. (2018). Chemical and technological evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivated in Egypt. *Journal of Acta Scientific Nutritional Health*, *7*(2), 42-53.
2. Ahmed, Y. M., & Shalaby, E. A. (2012). Effect of different seaweed extracts and compost on vegetative growth, yield and fruit quality of cucumber. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, *4*(3), 235-240. https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2012.4.3.252
3. Aminian, R., Mafakheri, S., & Tahtani, S. (2018). *Effect of biological fertilizers on some physiological traits of quinoa*. The First National Conference on Recent Developments in Engineering and Modern Science. Qarchak, Iran. (in Persian)
4. Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M. W., Hamar, A., Khajehei, F., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An overview of the potentials of the “Golden Grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, *9*(2), 216. https://doi.org/10.3390/foods9020216
5. Bagheri, M. (2018). *Quinoa Cultivation Handbook*. Seed and plant improvment Institiut. Seed and Plant Improvment Institute. Karaj. Iran. 48 pp. (in Persian).
6. Bagheri, M., Anafjeh, Z., Keshavarz, S., & Foladi, B. (2021). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of new quinoa genotypes in spring cultivation at Karaj. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *18*(4), 465-475. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2020.37139.0
7. Bagheri, M., Miri, Kh., Khoshkam, S. G., Anafjeh, Z., & Keshavarz, S. (2022). Assessment of adaptability and seed yield stability of autumn sown quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes using AMMI analysis. *Seed and Plant Journal*, *38*(4), 453-472. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/spj.2023.362282.1308
8. El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., Kacimi, K. E. L., & Yasri, A. (2020). An insight into saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A review. *Molecules*, *25*(5), 1–22. https://doi.org/10.3390/molecules25051059
9. Etaati, M., Ardakani, M., Bagheri, M., Paknejad, F., & Golzardi, F. (2023). Grain yield adaptability and stability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes using different stability indices. *Journal of Crop Ecophysiology*, *17*(1), 1-14. (in Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jam.v12i2.81004
10. Graf, B. L., Rojas-Silva, P., Rojo, L. E., Delatorre-Herrera, J., Baldeón, M. E., & Raskin, I. (2015). Innovations in health value and functional food development of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *1*(4), 431-445. https://doi.org/10.1111%2F1541-4337.12135
11. Han, H. S., & Lee, K. D. (2006). Effect of inoculation with phosphate and potassium co-in solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil and Environment*, *52*(3), 130-136. https://doi.org/10.17221/3356-PSE
12. Hirich, A., Choukr-Allah, R., & Jacobsen, S. E. (2014). Quinoa in Morocco–Effect of sowing dates on development and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *200*(5), 371-377. https://doi.org/10.1111/jac.12071
13. Jacobsen, S. E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J., & Mujica, A. (2005). Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, *22*(2), 131-139. https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.01.003
14. Karami, M. (2021). *The effect of seed priming alone and combined with foliar spraying or silicon irrigation on the growth and yield of pinto beans under drought stress*. MSc. Thesis, Agriculture Faculty. Shahrekord University. Shahrekord, Iran. 71 pp. (in Persian with English abstract)
15. Koziol, M. J. (1991). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Science of Food and Agriculture*, *54*(2), 211–219.

https://doi.org/10.1002/jsfa.2740540206
16. Lilian, E. A. J. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, *58*, 1-3. https://doi.org/10.1016/s1043-4526(09)58001-1
17. Mansouri, A. (2022). *The effect of seed cultivation, priming and boron (B) foliar spraying on morphophysiological and phytochemical traits of quinoa genotypes (Chenopodium quinoa willd*.). PhD. Thesis, Agriculture Faculty. Shahed University, Tehran, Iran. (in Persian with English abstract).
18. Mansouri, A., Omidi, H., & Bostani, A. (2022). The effect of planting method and boron nutrition on phenological traits and seed yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). *Crop Physiology Journal*, *54*(14), 123-138. (in Persian with English abstract).
19. Mansouri, A., Omidi, H., & Bostani, A. (2023). Effect of direct sowing, transplanting, priming and boron failor application on growth and yield of quinoa genotypes. *Journal of Crops Improvement*, *25*(2), 469-484. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2022.343131.2709
20. Mansouri, A., & Omidi, H. (2023). *Introduction and Cultivation of Valuable Quinoa Plant*. Iran Univesity Press. Tehran, Iran. 158 pp. (in Persian).
21. Miri, K. (2018). *Examining the compatibility of quinoa genotypes with Iranshahr region*. Final report of the research project of Balochistan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (Iranshahr). Agricultural Research and Promotion Organization. (in Persian).
22. Moalem, A., & Eshqizade, H. (2007). *Application of biological fertilizers: Advantages and limitations*. Second National Conference of Ecological Agriculture of Iran. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan, Iran. (in Persian).
23. Molaie. A. (2017). *Evaluation of compatibility and response of some quinoa cultivars to day length in Shahrekord*. The Final Report of the Research Project of the Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources of Chaharmahal and Bakhtiari Province. Agricultural Research and Promotion Organization. (in Persian).
24. Nadali, F., Asghari, H., Abbasdokht, H., Dorostkar, V., & Bagheri, M. (2022). Agrophysiological response of different cultivars of *Chenopodium quinoa* Willd to hydropriming under drought stress conditions. *Crop Science Research in Arid Regions*, *4*(1), 1-18. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/csrar.2022.333785.1211
25. Naneli, I., & Dokuyucu, T. (2017). Response of the quinoa genotypes to different locations by grain yield and yield components. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, *3*(6), 446-451.
26. Norrie, J., & Keathley, J. (2006). Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. *Acta Horticulturae*, *727*(27), 243-245. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.727.27
27. Pise, N. M., & Sabale, A. B. (2010). Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *Trigonella foenum*-graecum L. *Journal of Phytology*, *2*(4), 50-56
28. Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mastand, B., & Graeff-Honninger, S. (2018). Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in southwestern Germany. *Agronomy Journal*, *10*(8), 1-19. https://doi.org/10.3390/agronomy8100197
29. Ramezanpour, S., Soltanloo, M., Seyfi, H., & Salehi, A. (2015). *The first report of the successful cultivation and propagation of vegetable caviar (quinoa) in Golestan province*. Research Proposal Report. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (in Persian).
30. Salehi, M., & Dehghani, F. (2018). *Quinoa, a suitable grain for brackish water sources*. Publications of the Agricultural Research, Education and Promotion Organization. Tehran, Iran. 31 pp. (in Persian).
31. Santis, G., Maddaluno, C., Ambrosio, T., Rascio, A., Rinaldi, M., & Troisi, J. (2016). Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) accessions for the saponin content in Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*, *11*(4), 277-281. https://doi.org/10.4081/ija.2016.774
32. Sarjamei, F., Khorasani, S., & Nezhad, N. (2014). Effect of planting methods and plant density, on morphological, phenological, yield and yield component of baby corn. *Journal of Advance in Agriculture and Biology*, *2*(8), 20-25.
33. Shahbazi, F., Seyyed Nejad, F., Salimi, M., & Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *8*(3), 283-287.
34. Spann, T. M., & Little, H. A. (2011). Applications of a commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* increases drought tolerance in container-grown 'Hamlin'sweet orange nursery trees. *Hort Science*, *46*(4), 577-582. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.4.577
35. Taghadosi, M., Hasani, N., & Sinki, J. (2012). Irrigation stress and spraying with humic acid and seaweed extract in antioxidant enzymes and proline in sorghum. *Crop Production under Environmental Stresses*, *4*(1), 1-12.
36. Telahigue, D., Yahia, L. B., Aljane, F., Belhouchett, K., & Toumi, L. (2017). Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). under drought stress. *Science of Food and Agriculture*, *1*, 222-232. https://doi.org/10.25081/jsa.2017.v1.67